

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-212901

(43)Date of publication of application : 05.09.1988

(51)Int.Cl. G02B 1/10  
G02F 1/09

(21)Application number : 62-046244 (71)Applicant : NAMIKI PRECISION  
JEWEL CO LTD

(22)Date of filing : 28.02.1987 (72)Inventor : TAKAHASHI  
TSUTOMU  
KONNO YOSHIHIRO

## (54) REFLECTION PREVENTING FILM FOR MAGNETIC GARNET ELEMENT

### (57)Abstract:

PURPOSE: To improve processability and chemical durability of a Faraday element by forming MgF<sub>2</sub> film and SiO<sub>2</sub> film on a nonmagnetic garnet film as a reflection preventing film.

CONSTITUTION: A magnetic garnet film 4 is formed on an SiO substrate 5. A nonmagnetic garnet film 3 is formed thereon. Further, an MgF<sub>2</sub> film 2 and an SiO<sub>2</sub> film 1 are formed thereon to obtain a reflection preventing film. In this case, the optical film thickness of the MgF<sub>2</sub> film 2 is regulated to  $1/4\lambda$  for the central wavelength  $\lambda$ , and the refractive index and the optical film thickness of the SiO<sub>2</sub> film 1 are regulated to  $1.45W1.47$ , and  $1/16W1/8\lambda$ , respectively. Since the constitution of the reflection preventing film to be coated on a nonmagnetic garnet substrate is designed to have a double layered structure of MgF<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> and the optical film thickness is limited, the processability and the chemical durability are improved and the stage for mass production is shortened.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision  
of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A) 昭63-212901

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)9月5日

G 02 B 1/10  
G 02 F 1/09A-8106-2H  
F-8106-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全3頁)

⑭ 発明の名称 磁性ガーネット素子の反射防止膜

⑯ 特 願 昭62-46244

⑰ 出 願 昭62(1987)2月28日

⑱ 発 明 者 高 橋 勉 東京都足立区新田3丁目8番22号 並木精密宝石株式会社  
東京本社内⑲ 発 明 者 今 野 良 博 東京都足立区新田3丁目8番22号 並木精密宝石株式会社  
東京本社内

⑳ 出 願 人 並木精密宝石株式会社 東京都足立区新田3丁目8番22号

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

磁性ガーネット素子の反射防止膜

## 2. 特許請求の範囲

液相エピタキシャル法により磁性ガーネット膜を育成させるための非磁性ガーネット基板の非育成面上において、中心波長を $\lambda$ として、基板上に $\text{HgF}_2$ を、その光学膜厚が $1/4\lambda$ になるように形成し、さらにその上に、屈折率が1.45～1.47の $\text{SiO}_2$ を、その光学膜厚が $1/16 \sim 1/8 \lambda$ の範囲になるように形成することを特徴とした磁性ガーネット素子の反射防止膜。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、ファラデー効果を利用した光アイソレータ、光サーキュレータ等に使用される磁性ガーネット素子の反射防止膜に関するものである。

〔従来の技術〕

光通信、光記録、光計測等に半導体レーザを

光源として使用する場合、光伝送路の途中に設けられたコネクタ、スイッチ等により、反射光が光源である半導体レーザに戻ると、モードホッピング現象により安定なレーザ発振が得られないという問題がある。そのためこの戻り光を阻止するために、ファラデー効果を利用した光アイソレータの必要性が高まっている。

光アイソレータの構造は、偏光子・検光子(例えば方解石、ルチル、PBS等)、ファラデー回転子、永久磁石等で構成され、光路となる各々の素子には光の反射ロスが生じないように反射防止膜が施されている。従来ファラデー回転子としては、FZ(フローティング・ゾーン)法によるバルクのYIG単結晶や、常磁性ガラスが使用されていた。しかしながら近年希土類ガーネットの希土類をBi(ビスマス)原子で置換することにより、ファラデー回転能が大きくなるBi置換磁性ガーネットが提案されてからは、FZ法より量産性の優れた液相エピタキシャル(LPE)法が注目されている。

LPE法では、磁性ガーネット膜を成長させるためには、膜と格子定数がほぼ同程度の非磁性ガーネット基板が必要であり、膜組成に応じて格子定数の異なるGGG( $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ )、SGG( $\text{Sm}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ )、NKG( $\text{Nd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ )、NOG( $(\text{Gd},\text{Ca})_3(\text{Fe},\text{Hg},\text{Zr})_5\text{O}_{12}$ )等の単結晶基板が使用される。これらの基板上に育成された磁性ガーネット膜は、光学研磨により表面が鏡面仕上げされ、さらに光の反射を防止するために磁性ガーネット膜側、非磁性ガーネット基板側の両面に反射防止膜が被覆される。もし反射防止膜が被覆されない場合、単に空気との界面での反射率を求めると、磁性ガーネット膜側で約15~17%、非磁性ガーネット基板側で約10%の光が反射される。したがって反射防止膜は光アイソレータの挿入損失等の向上には必ず必要であり、なおかつ出来るだけ目的とする中心波長で反射防止効果が最大となるように設計することが重要である。

従来の反射防止膜としては、磁性ガーネット

膜(YIGからBi置換ガーネット)の屈折率が2.15~2.40程度であったので、磁性ガーネット膜側には屈折率が1.45~1.47の $\text{SiO}_2$ 単層反射防止膜が用いられ、屈折率が1.90~2.00の非磁性ガーネット基板には、屈折率が1.38の $\text{HfF}_2$ 単層反射防止膜が用いられていた。ここにおいて空気を媒体とした場合、反射防止膜は基板の屈折率 $n_s$ の平方根 $\sqrt{n_s} = n$ の屈折率を有する材質が反射防止膜として効果があるので、前記のような組合せでも反射防止効果は期待できた。

[発明が解決しようとする問題点]

しかし非磁性ガーネット基板側に $\text{HfF}_2$ を用いた場合、加工性、化学的耐久性の点において不具合が生ずる。たとえば光アイソレータ用ファラデー素子として磁性ガーネット膜を用いる場合、1"または2"基板上にLPE成長させ、その後光学研磨して切断する。この際に反射防止膜の形成は数 $\mu\text{m}$ 角、数 $\mu\text{m}$ ゆに加工した後に施すより、1"または2"のまま反射防止膜を形成し、その後切断する方が、治具の簡素化お

よび工程短縮となり、生産性が良い。しかしながら切断時に反射防止膜が切断面で剥がれたり、切断後の洗浄により形成膜の白濁あるいは剥がれが生じる問題がある。

$\text{HfF}_2$ を溶着装置で被覆する場合、基板温度( $T_s$ )が高く( $10^{-5}\text{Torr}$ 以下で $T_s = 300^\circ\text{C}$ 以上)ないと、形成膜の付着力が低下しやすく、耐水性等も劣化する欠点があり、超音波洗浄等の後処理により形成膜が白濁することがある。逆に $T_s$ を高くすると磁性ガーネット膜がアニールされ光吸収損失が増大することがあるため、 $T_s$ は $200^\circ\text{C}$ 以下にすることが望ましい。

また反射防止膜を被覆した磁性ガーネット素子を偏光子・検光子と組み合わせる時に、紫外線硬化樹脂等を使用し直接接着する方法があるが、 $\text{HfF}_2$ は接着材と反応して経年変化を生ずる問題がある。

本発明はこの点を鑑みて、非磁性ガーネット基板上に被覆する反射防止膜の構造を改良することにより、ファラデー素子の加工性、化学的

耐久性を向上させることを目的とする。

[問題点を解決するための手段]

本発明は、液相エピタキシャル法により磁性ガーネット膜を育成させるための屈折率が1.90~2.00の範囲内にある非磁性ガーネットのGGG、SGG、NKG、NOG等の単結晶基板の非育成面上において、中心波長を $\lambda$ として、基板上に $\text{HfF}_2$ を、その光学膜厚が $1/4\lambda$ になるように形成し、さらにその上に屈折率が1.45~1.47の $\text{SiO}_2$ を、その光学膜厚が $1/16 \sim 1/8 \lambda$ の範囲になるよう形成した、2層構造の反射防止膜で構成したものである。 $\text{SiO}_2$ の膜厚限定理由は、 $1/16\lambda$ より薄くなると酸化膜を被覆した効果が小さくなり、加工性、化学的耐久性の向上が期待できず、 $1/8 \lambda$ を越えると光学的な設計が崩れ反射防止効果が損なわれるからである。

[実施例]

格子定数が $12.490\text{\AA}$ で大きさが1"の非磁性( $\text{Gd},\text{Ca})_3(\text{Fe},\text{Hg},\text{Zr})_5\text{O}_{12}$ ガーネット単結晶(111)基板1上に、 $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3$

を融剤とした液相エピタキシャル法により、 $\text{Si}_{0.7}(\text{Lu}, \text{Gd})_{2.3}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ なる組成の厚膜ガーネットを  $400\mu\text{m}$  育成した。この膜のファラデー回転係数は、波長  $\lambda = 1.3\mu\text{m}$  で  $-1,200\text{deg}/\mu\text{m}$  であったので、光学研磨により膜厚  $375\mu\text{m}$  まで研磨し、ファラデー回転角が  $45^\circ$  になるようにした。その時磁性ガーネット膜と反対側の基板にもフラックス等の付着があったので、 $40\mu\text{m}$  研磨した。

その後、1" 基板のままで洗浄して真空蒸着装置に入れ、基板温度  $T_s = 200^\circ\text{C}$ 、真空度  $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$ 、蒸着時は  $\text{O}_2$  ガスを導入し、 $1 \times 10^{-4}\text{Torr}$  で蒸着した。膜厚は光電式膜厚モニターを使用し、第1図に示すように磁性ガーネット膜4側には  $\text{SiO}_2$  5を中心波長  $\lambda = 1.3\mu\text{m}$  に対して  $1/4\lambda$  の光学膜厚で蒸着し、非磁性ガーネットNOG基板3側には  $\text{HgF}_2$  2を  $1/4\lambda$  (ただし蒸着時の真空度  $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$ ) で、さらにその上に  $\text{SiO}_2$  1を  $1/16\lambda$  の光学膜厚で蒸着した。同様にして  $\text{SiO}_2$  1を  $1/16\lambda$  でなく、 $1/8\lambda$ 、 $1/4$

$\lambda$  の光学膜厚にした試料も作成し、それぞれについて基板側の反射率を測定した。比較のため  $\text{HgF}_2$  のみ蒸着の試料についても測定した。第2図は  $\text{HgF}_2$  のみ蒸着の反射率曲線(a)、 $\text{SiO}_2$  を  $1/16\lambda$ 、 $1/8\lambda$  蒸着したそれぞれの反射率曲線(b)、(c)を示し、ほとんど差が生じなかったが、 $\text{SiO}_2$  を  $1/4\lambda$  蒸着した試料は (d)に示すように1~3%反射ロスが多くなった。反射防止膜を蒸着した後、マルチワイヤソーにより  $3 \times 3\text{mm}$  に切断した。切断時切り口を検査したが、本発明の反射防止膜については膜の剥がれはなかった。さらに本発明の反射防止膜の化学的耐久性を調べるために、非磁性ガーネットNOG基板側の反射防止膜、 $\text{HgF}_2$  上に  $\text{SiO}_2$  を  $1/16\lambda$ 、 $1/8\lambda$  蒸着した試料と、 $\text{HgF}_2$  のみ蒸着した試料について、温度  $60^\circ\text{C}$ 、湿度90%以上の条件において2,000時間放置した。本発明の  $\text{SiO}_2$  を蒸着した試料は変化がなく、 $\text{HgF}_2$  のみ蒸着した試料は白く腐った。

本発明による磁性ガーネット素子を使用して

光アイソレーターを作成したところ、挿入損失  $0.3\text{dB}$ 、アイソレーション  $38\text{dB}$  の特性が得られた。

本発明の反射防止膜は真空蒸着以外でも、スパッタリング、CVD等の装置で形成可能である。

#### 〔発明の効果〕

本発明により、特に非磁性ガーネット基板に被覆する反射防止膜の構成を、 $\text{HgF}_2$  と  $\text{SiO}_2$  の2層構成とし、 $\text{SiO}_2$  の光学膜厚を限定することにより、加工性、化学的耐久性が向上し、生産時においても工程短縮の効果を有する。

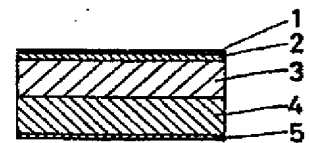
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の反射防止膜を被覆した断面図。

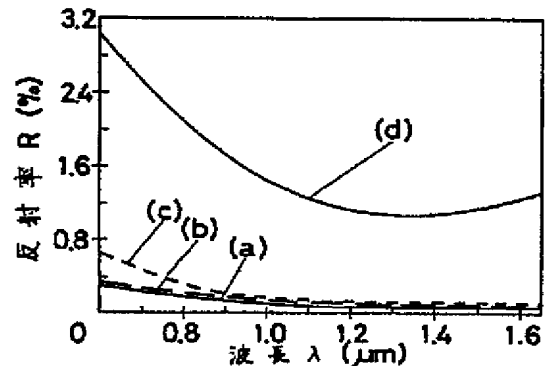
第2図は、本発明の反射防止膜とその比較例との反射率曲線。

1:  $\text{SiO}_2$  膜                      2:  $\text{HgF}_2$  膜  
3: 非磁性ガーネット基板    4: 磁性ガーネット膜  
特許出願人 並木精密宝石株式会社

図面



第1図



第2図